

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-187816

(P2000-187816A)

(43) 公開日 平成12年7月4日(2000.7.4)

(51) Int.Cl.

G11B 5/39

識別記号

F I

G11B 5/39

テーム(参考)

5D034

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-362533

(22) 出願日 平成10年12月21日(1998. 12. 21)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 中谷 亮一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外2名)

Fターム(参考) 5D034 BA03 BA05 BA06 BA15

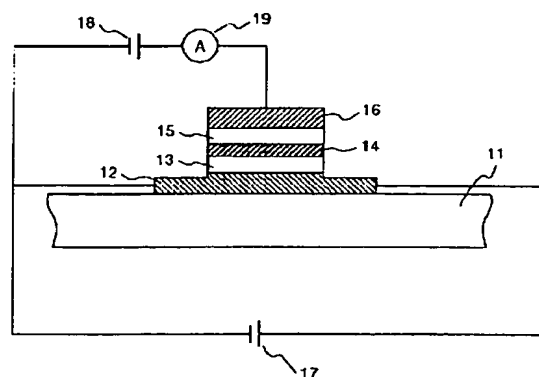
(54) 【発明の名称】 磁気ヘッド、それを用いた磁気記録再生装置及び磁性メモリ装置

(57) 【要約】

【課題】 再生波形の対称性に優れた磁気抵抗効果素子を提供すること。

【解決手段】 磁性層13、絶縁層14、磁性層15を積層し、2つの磁性層の間に電圧を印加する電源18を設け、磁性層15に反強磁性層16を積層してその磁化の向きを外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行とし、この外部磁界のないときに、磁性層13の磁化の向きを外部磁界の検出方向と実質的に直角にするように、非磁性金属層12とその膜面内方向に電流を流す電源17を設け、この外部磁界により磁性層13の磁化の向きが変化したときに絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する信号検出部19を設けた磁気抵抗効果素子。

図 1



12…非磁性金属層 13、15…磁性層 14…絶縁層
16…反強磁性層 17、18…電源 19…信号検出部

【特許請求の範囲】

【請求項 1】基板上に、第 1 の磁性層、絶縁層、第 2 の磁性層の順に積層された多層膜を有する磁気抵抗効果素子であって、上記第 1 の磁性層と上記第 2 の磁性層との間に電圧を印加する手段を有し、上記第 1 の磁性層と上記第 2 の磁性層の内の一方の磁性層の磁化の向きは、外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行であり、上記外部磁界のないときに、上記第 1 の磁性層と上記第 2 の磁性層の内の他方の磁性層の磁化の向きを、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角にする制御手段を有し、上記外部磁界により上記他方の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる上記絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】上記磁気抵抗効果素子は、上記多層膜の上記一方の磁性層の側に積層された反強磁性層を有し、該反強磁性層と上記一方の磁性層は磁気的に交換結合して、上記一方の磁性層の磁化の向きを上記外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行にすることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】上記制御手段は、上記反強磁性層の上記多層膜の配置された側と逆の側に積層された配向性制御層と、上記反強磁性層及び上記配向性制御層の内の少なくとも一つの層の膜面内方向に電流を流す手段であることを特徴とする請求項 2 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】上記制御手段は、上記他方の磁性層に膜面内方向に電流を流す手段又は上記多層膜に積層された非磁性金属層と該非磁性金属層の膜面内方向に電流を流す手段であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】上記一方の磁性層の保磁力は、上記他方の磁性層の保磁力より高く、上記制御手段は、上記多層膜に積層された非磁性金属層と該非磁性金属層に膜面内方向に電流を流す手段であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】上記一方の磁性層の保磁力は、上記他方の磁性層の保磁力より高く、かつ、基板側に配置され、上記制御手段は、上記一方の磁性層の膜面内方向に電流を流す手段であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】基板上に、第 1 の磁性層、第 1 の絶縁層、第 2 の磁性層、第 2 の絶縁層、第 3 の磁性層の順に積層された多層膜を有する磁気抵抗効果素子であって、上記第 1 の磁性層と上記第 3 の磁性層との間に電圧を印加する手段を有し、上記第 1 及び第 3 の磁性層の組と、上記第 2 の磁性層との内の一方の磁性層の磁化の向きは、外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行であり、上記外部磁界のないときに、上記第 1 及び第 3 の磁性層の組と、上記第 2 の磁性層との内の他方の磁性層の磁化の向きを、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角にする

制御手段を有し、上記外部磁界により上記他方の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる上記絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】上記一方の磁性層の保磁力は、上記他方の磁性層の保磁力より高く、上記制御手段は、上記多層膜に積層された非磁性金属層と該非磁性金属層に膜面内方向に電流を流す手段であることを特徴とする請求項 7 記載の磁気抵抗効果素子。

10 【請求項 9】上記磁気抵抗効果素子は、上記多層膜の両側に反強磁性層を有し、上記第 1 及び第 3 の磁性層の組が上記一方の磁性層を構成し、上記制御手段は、上記反強磁性層の内の一方の上記多層膜の配置された側と逆の側に積層された配向性制御層と、上記反強磁性層及び上記配向性制御層の内の少なくとも一つの層の膜面内方向に電流を流す手段であることを特徴とする請求項 7 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 10】基板上に、基板に近い側から、硬磁性層、非磁性金属層、第 1 の軟磁性層、絶縁層、第 2 の軟磁性層、反強磁性層の順に積層された多層膜を有する磁気抵抗効果素子であって、上記第 1 の軟磁性層と上記第 2 の軟磁性層との間に電圧を印加する手段を有し、上記反強磁性層と上記第 2 の軟磁性層は磁気的に交換結合しており、上記第 2 の軟磁性層の磁化の向きは、上記交換結合により外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行であり、上記外部磁界のないときに、上記第 1 の軟磁性層の磁化の向きは、上記硬磁性層により上記外部磁界の検出方向と実質的に直角をなし、上記外部磁界により上記第 1 の軟磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる上記絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 11】読み出し用の磁気抵抗効果型ヘッドと、書き込み用の誘導型ヘッドを有する磁気ヘッドにおいて、上記磁気抵抗効果型ヘッドは、請求項 1 から 10 のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 12】磁気記録媒体と、該磁気記録媒体の記録面に対応して設けられた磁気ヘッドと、上記磁気記録媒体の駆動部と、上記磁気ヘッドの駆動部と、記録、再生信号処理系とを有する磁気記録再生装置において、上記磁気ヘッドは、請求項 11 記載の磁気ヘッドであることを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項 13】請求項 1 から 9 のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子と、上記磁気抵抗効果素子の上記一方の磁性層の磁化の向きを所望の方向に向ける磁界発生機構とを有することを特徴とする磁性メモリ装置。

【請求項 14】上記磁性メモリ装置は、上記磁気抵抗効果素子を加熱する手段を有することを特徴とする請求項 13 記載の磁性メモリ装置。

50 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ヘッドや磁界センサ等に用いられる磁気抵抗効果素子、それを用いた磁気ヘッド、磁気記録再生装置及び磁性メモリ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気トンネリング現象を示す多層膜については、ジュリエール (Juliere) がフィジックス レターズ、54A巻 (1975年)、3号、225ページ (Physics Letters, vol. 54A (1975), No. 3, p. 225) に報告している。磁気記録の高密度化に伴い、将来の再生用磁気ヘッドとして、この多層膜の磁気抵抗効果型ヘッドへの応用が検討されつつある。

【0003】この多層膜は、磁性層、絶縁層、磁性層の順に積層されている積層体からなり、一方の磁性層から出て、絶縁層をトンネルした電子がもう一方の磁性層に入るとき、2層の磁性層の磁化の向きに依存したトンネル確率の変化が生じる。このトンネル確率の変化が磁気抵抗効果として観測される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の多層膜を磁気抵抗効果素子に用いる場合、外部磁界により磁化回転する磁性層の磁化の向きを、外部磁界のないときには、外部磁界の検出方向とほぼ直角にすることが必要である。これは、磁気抵抗効果素子に外部磁界が印加されたときの再生出力の対称性が良好であるために必要なことである。しかし、外部磁界により磁化回転する磁性層には、もう一方の磁性層からの漏れ磁界が印加され、磁化の向きは外部磁界の検出方向と直角にはならない。もう一方の磁性層からの漏れ磁界は、磁気抵抗効果素子の構造、磁性層厚、絶縁層の凹凸等により微妙に変化するため、磁性層の磁化の向きの制御は困難であるという問題があった。

【0005】本発明の第1の目的は、再生波形の対称性に優れた磁気抵抗効果素子を提供することにある。本発明の第2の目的は、そのような磁気抵抗効果素子を用いた磁気ヘッドを提供することにある。本発明の第3の目的は、そのような磁気ヘッドを用いた磁気記録再生装置を提供することにある。本発明の第4の目的は、再生波形の対称性に優れた磁性メモリ装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、本発明の磁気抵抗効果素子は、基板上に、第1の磁性層、絶縁層、第2の磁性層の順に多層膜を積層し、第1の磁性層と第2の磁性層との間に電圧を印加する手段を有し、第1の磁性層と第2の磁性層の内の一方の磁性層の磁化の向きを外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行とし、この外部磁界のないときに、第1

の磁性層と第2の磁性層の内の他方の磁性層の磁化の向きを、外部磁界の検出方向と実質的に直角にする制御手段を設け、この外部磁界により他方の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を設けるようにしたものである。

【0007】この磁気抵抗効果素子で他方の磁性層の磁化の向きを外部磁界の検出方向と完全に直角にすれば、再生波形が対称になるが、直角からずれば対称性が低下する。ここで、実質的に直角にすることは、再生波形の非対称性が5%以内になるような範囲であれば、直角からずれてもよいことを意味する。このずれは再生波形の形状にもよるが、例えば、±5度程度である。

【0008】また、一方の磁性層の磁化の向きを外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行にすることは、他方の磁性層の磁化の向きと同様の範囲のずれを許容して平行又は反平行であることを意味する。これらのことは、以下の記載においても同じである。

【0009】この磁気抵抗効果素子は、上記の多層膜の一方の磁性層の側に反強磁性層を積層し、反強磁性層と一方の磁性層を磁氣的に交換結合させて、一方の磁性層の磁化の向きを上記外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行にすることができる。

【0010】この場合、制御手段としては、反強磁性層の多層膜が配置された側と逆の側に配向性制御層を積層し、反強磁性層及び配向性制御層の内の少なくとも一つの層の膜面内方向に電流を流す手段を設ければよい。また、制御手段としては、他方の磁性層の膜面内方向に電流を流す手段を設けてもよく、さらに多層膜に非磁性金属層を積層し、この非磁性金属層の膜面内方向に電流を流す手段を設けてもよい。

【0011】また、反強磁性層を設けることなく、一方の磁性層の保磁力を他方の磁性層の保磁力より高くし、制御手段として、多層膜に非磁性金属層を積層し、この非磁性金属層に膜面内方向に電流を流す手段を設けてもよい。また、同様に、一方の磁性層の保磁力を他方の磁性層の保磁力より高くして、かつ、基板側に配置し、一方の磁性層の膜面内方向に電流を流す手段を設けてもよい。

【0012】また、上記第1の目的を達成するために、本発明の磁気抵抗効果素子は、基板上に、第1の磁性層、第1の絶縁層、第2の磁性層、第2の絶縁層、第3の磁性層の順に多層膜を積層し、第1の磁性層と第3の磁性層との間に電圧を印加する手段を設け、第1及び第3の磁性層の組と、第2の磁性層との内の一方の磁性層の磁化の向きを外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行とし、上記外部磁界のないときに、第1及び第3の磁性層の組と、第2の磁性層との内の他方の磁性層の磁化の向きを、外部磁界の検出方向と実質的に直角にする制御手段を設け、上記外部磁界により他方の磁性層の

磁化の向きが変化したときに、それによる絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を設けるようにしたものである。

【0013】制御手段としては、一方の磁性層の保磁力を他方の磁性層の保磁力より高くしておき、多層膜に非磁性金属層を積層し、この非磁性金属層の膜面内方向に電流を流す手段を設ければよい。

【0014】また、多層膜の両側に反強磁性層を設け、一方の磁性層としては第1及び第3の磁性層の組として、制御手段としては、反強磁性層の内の一方の多層膜が配置された側と逆の側に配向性制御層を積層し、反強磁性層及び配向性制御層の内の少なくとも一つの層の膜面内方向に電流を流す手段を設けてもよい。

【0015】また、上記第1の目的を達成するために、本発明の磁気抵抗効果素子は、基板上に、基板に近い側から、硬磁性層、非磁性金属層、第1の軟磁性層、絶縁層、第2の軟磁性層、反強磁性層の順に多層膜を積層し、第1の軟磁性層と第2の軟磁性層との間に電圧を印加する手段を設け、反強磁性層と第2の軟磁性層が磁氣的に交換結合して、第2の軟磁性層の磁化の向きを交換結合により外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行になるようにし、上記外部磁界のないときに、第1の軟磁性層の磁化の向きを硬磁性層により上記外部磁界の検出方向と実質的に直角となるようにし、上記外部磁界により第1の軟磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を設けるようにしたものである。

【0016】また、上記第2の目的を達成するために、本発明の磁気ヘッドは、読み出し用の磁気抵抗効果型ヘッドと、書き込み用の誘導型ヘッドを有し、この磁気抵抗効果型ヘッドとして、上記のいずれか一に記載の磁気抵抗効果素子を用いるようにしたものである。

【0017】また、上記第3の目的を達成するために、本発明の磁気記録再生装置は、磁気記録媒体と、磁気記録媒体の記録面に対応して設けられた磁気ヘッドと、磁気記録媒体の駆動部と、磁気ヘッドの駆動部と、記録、再生信号処理系とを有し、この磁気ヘッドとして、上記の磁気ヘッドを用いるようにしたものである。

【0018】また、上記第3の目的を達成するために、本発明の磁性メモリ装置は、上記の磁気抵抗効果素子の内、後述する実施例1、2、3又は4に記載の磁気抵抗効果素子と、その一方の磁性層の磁化の向きを所望の方向に向ける磁界発生機構とを設けるようにしたものである。この磁性メモリ装置は、磁気抵抗効果素子を加熱する手段を設けてもよい。

【0019】上述のように、本発明は、2層又は3層の磁性層が絶縁層で分離されている多層膜を用いた磁気抵抗効果素子を用い、外部磁界により磁化の回転する磁性層に対して誘導磁界を印加し、この磁性層に印加する誘導磁界を、磁化の固定された磁性層からの漏れ磁界と相

殺するようにして、その結果、磁性層の磁化を磁界印加方向と実質的に直交させるようにして、これにより再生波形の対称性を優れたものにすることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明を説明する。

〈実施例1〉図1のように、基板11上に非磁性金属層12、磁性層13、絶縁層14、磁性層15、反強磁性層16の順に各層を形成した。非磁性金属層12には厚さ20nmのZrを、磁性層13及び15には厚さ5nmのNi-20at%Fe合金を、絶縁層14には厚さ1.3nmのAlの酸化物をそれぞれ用いた。また、反強磁性層16には厚さ10nmのMn-22at%Ir合金を用いた。非磁性金属層12及び反強磁性層16の間には、電源18により電圧が印加される。すなわち、絶縁層14の両端の磁性層13及び15に電位差が生じている。この電位差のために、絶縁層14を電流がトンネルする。トンネル電流は信号検出部19により検出される。

【0021】磁性層13及び15の磁化の向きが平行のときに最もトンネル電流が多く、磁性層13及び15の磁化の向きが反平行のときに最もトンネル電流が少ない。本実施例での印加電圧は0.05Vである。本実施例では、反強磁性層16と非磁性金属層12に電源18が接続されているが、磁性層13及び15に電位差が生ずればよく、磁性層13及び15に直接、電源18を接続してもよい。また、非磁性金属層12には、電源17により電流を流すことができる。非磁性金属層12に電流を流すことにより、誘導磁界が発生し、非磁性金属層12に隣接する磁性層13に磁界を印加することができる。その磁界の高さは電流量に比例する。

【0022】図2は、多層膜を上から見た模式図である。図2(a)のように、多層膜21中の磁性層15の磁化の向き22は図の向きに固定されている。これは、図1のように、磁性層15に反強磁性層16が接触しているためである。磁性層15の磁化の向き22は、外部磁界の検出方向24と平行か反平行にする。非磁性金属層12に電流が流れていないとき、図1における磁性層13の磁化の向き23は、図2のような向きに向いている。磁化の向き23は、図1における磁性層15からの漏れ磁界と磁性層13の有する磁気異方性により決まる。この磁化の向き23は外部磁界の検出方向24と直角ではない。

【0023】図2(b)のように、電源17により非磁性金属層12に電流を流す。電流は5 μ Aとした。この結果、誘導磁界が磁性層13に印加され、磁性層13の磁化の向き25は図のように向く。磁化の向き25は、外部磁界の検出方向24とほぼ直角をなす。これは、磁性層13に印加されている誘導磁界以外の磁界と誘導磁界が相殺されたためである。

【0024】さらに、図2(c)のように、磁気抵抗効果素子に磁気記録媒体28を近接させる。磁気記録媒体28からの漏れ磁界により、図1における磁性層13に磁界が印加される。磁気記録媒体からの漏れ磁界が上向きするとき、磁性層13の磁化の向き26は、図2(c)に示す向きに向く。また、磁気記録媒体からの漏れ磁界が下向きするとき、磁性層13の磁化の向き27は、図2(c)に示す向きに向く。

【0025】このときの絶縁層14をトンネルするトンネル電流の変化を図3に模式的に示す。図では、磁気記録媒体からの漏れ磁界が上向きするとき、正の値の磁界が多層膜に印加されるとする。磁気記録媒体からの漏れ磁界が、図1における磁性層13に印加されていないとき、トンネル電流の値は図3の31である。磁性層13の磁化の向きが、外部磁界の検出方向24とほぼ直角をなす場合、図3の31は、トンネル電流の変化の範囲のほぼ中央に位置する。磁気記録媒体からの漏れ磁界が下向きするとき、図2のように、磁性層13の磁化の向きは27のようになるため、トンネル電流は低下し、図3における32の値になる。これは、磁性層13の磁化の向きと磁性層15の磁化の向きが反平行に近くなるためである。

【0026】磁気記録媒体からの漏れ磁界が上向きで、その高さが上記の下向きの場合と同じ場合、磁性層13の磁化の向き26は図2に示すようになるため、トンネル電流は増加し、図3における33の値になる。これは、磁性層13の磁化の向きと磁性層15の磁化の向きが平行に近くなるためである。トンネル電流31からの変化量は、32と33でその絶対値はほぼ同じである。これは、磁気記録媒体からの漏れ磁界がないときの磁性層13の磁化の向きが、外部磁界の検出方向24とほぼ直角をなすためである。同じ高さの異なる向きの磁気記録媒体からの磁界が印加された場合、このように、トンネル電流31からの変化量の絶対値がほぼ同じときに、再生波形がほぼ対称になる。言い替えれば、磁気記録媒体からの漏れ磁界がないときの磁性層13の磁化の向きが、外部磁界の検出方向24と直角でなければ、再生波形の対称性が低下する。磁気記録再生装置では、再生波形の対称性は重要な問題で、再生波形の非対称性は5%以内であることが望ましい。このためには、磁気記録媒体からの漏れ磁界がないときの磁性層13の磁化の向きを、外部磁界の検出方向24とほぼ直角にする必要がある。

【0027】図4は、上述の再生波形の対称性について示した図である。図4(a)のような時間とともに変化する磁界を本発明の磁気抵抗効果素子に印加すると、その再生出力は図4(b)のように対称性の優れた波形を示す。これに対し非磁性層12に電流を流さず、磁性層13の磁化の向きを制御しない場合には、再生波形は図4(c)のように非対称になる。

【0028】本実施例では、磁性層15の磁化の向きを外部磁界の方向と平行或いは反平行にしたが、再生波形の対称性をくずさない限り、若干の角度のずれは許容される。同様に、磁性層13の磁化の向きについても、再生波形の対称性をくずさない限り、若干の角度のずれは許容される。

【0029】本実施例では、非磁性金属層12の材料としてZrを用いたが、他の非磁性金属を用いることもできる。また、磁性層材料としてはNi-Fe系合金を用いたが、他の磁性材料を用いることもできる。他の磁性層材料としては、低い保磁力を有する金属材料が好ましい。反強磁性層材料としてはMn-Ir系合金を用いたが、他の導電性の反強磁性層材料を用いてもよい。また、本実施例に示した磁気抵抗効果型ヘッドは記録能力がない。従って、記録と再生を行うためには、記録用の誘導型磁気ヘッドと組み合わせて使用する必要がある。

【0030】本実施例の磁気抵抗効果素子では、多層膜の磁気抵抗変化率が高いため、高密度に記録された磁気記録媒体上の情報の再生に有利な磁気抵抗効果型ヘッドの応用できる。磁気抵抗効果型ヘッドは、磁気抵抗効果素子の応用の代表例であるが、本発明の磁気抵抗効果素子は高い再生出力と優れた再生波形対称性を示すため、磁界センサとしても好適である。この磁界センサは、ロータリエンコーダ等に用いることができる。

【0031】〈実施例2〉実施例1と同様の働きをする多層膜として、図5に示す多層膜を用いた磁気抵抗効果型素子を形成した。図5のように、基板51上に、配向性制御層52、反強磁性層53、磁性層54、絶縁層55、磁性層56の順に各層を形成した。配向性制御層52には厚さ10nmのCuを、反強磁性層53には厚さ10nmのMn-22at%Ir合金を、磁性層54及び56には厚さ5nmのNi-20at%Fe合金をそれぞれ用いた。絶縁層55には厚さ1.3nmのAlの酸化物を用いた。配向性制御層52及び磁性層56の間には、電源58により、電圧が印加される。すなわち、絶縁層55の両端の磁性層54及び56に電位差が生じている。絶縁層55をトンネルする電流は信号検出部59により検出される。本実施例での印加電圧は0.05Vである。本実施例では、配向性制御層52と磁性層56に電源58が接続されているが、磁性層54及び56に電位差が生ずればよく、磁性層54及び56に直接、電源58を接続してもよい。

【0032】また、本実施例では、実施例1における非磁性金属層12の役割を配向性制御層52及び反強磁性層53が担っている。配向性制御層52及び反強磁性層53には、電源57により電流を流すことができる。配向性制御層52及び反強磁性層53に電流を流すことにより、誘導磁界が発生し、磁性層56に磁界を印加することができる。その磁界の高さは電流量に比例する。従って、配向性制御層52及び反強磁性層53に流す電流

により、磁性層56の磁化の向きを制御し、外部磁界の検出方向と直角にすることができる。

【0033】本実施例では、磁性層材料としてはNi-Fe系合金を用いたが、他の磁性材料を用いることもできる。他の磁性層材料としては、低い保磁力を有する金属材料が好ましい。反強磁性層材料としてはMn-Ir系合金を用いたが、他の導電性の反強磁性層材料を用いてもよい。配向性制御層52としては、他の金属系の面心立方構造を有する材料を用いてもよい。また、本実施例に示した磁気抵抗効果型ヘッドは記録能力がない。従って、記録と再生を行うためには、記録用の誘導型磁気ヘッドと組み合わせて使用する必要がある。

【0034】〈実施例3〉実施例1と同様の働きをする多層膜として、図6に示す多層膜を用いた磁気抵抗効果型素子を形成した。図6のように、基板61上に非磁性金属層62、磁性層63、絶縁層64、磁性層65の順に各層を形成した。非磁性金属層62には厚さ20nmのZrを、磁性層63には厚さ5nmのNi-20at%Fe合金を、磁性層65には厚さ8nmのCo-17at%Pt合金をそれぞれ用いた。磁性層65の保磁力は、磁性層63の保磁力より高く、かつ、外部磁界の検出方向とは平行又は反平行である。従って、低い磁界では比較的高い保磁力を有する磁性層65の磁化の向きは回転しない。これに対し、比較的低い保磁力を有する磁性層63の磁化の向きが外部磁界により回転する。また、絶縁層64には厚さ1.3nmのAlの酸化物を用いた。非磁性金属層62及び磁性層65の間には、電源68により、電圧が印加される。すなわち、絶縁層64の両端の磁性層63及び65に電位差が生じている。絶縁層64をトンネルする電流は信号検出部69により検出される。本実施例での印加電圧は0.05Vである。非磁性金属層62には電源67により電流を流すことができる。非磁性金属層62に電流を流すことにより誘導磁界が発生し、磁性層63に磁界を印加することができる。その磁界の高さは電流量に比例する。従って、非磁性金属層62に流す電流により、磁性層63の磁化の向きを制御し、外部磁界の検出方向と直角にすることができる。

【0035】本実施例では、磁性層63として比較的低い保磁力を有する材料を用い、磁性層65として比較的高い保磁力を有する材料を用いたが、磁性層63として比較的高い保磁力を有する材料を用い、磁性層65として比較的低い保磁力を有する材料を用いても、同様の結果を得ることができる。また、このようにした場合、非磁性金属層を設けずに、比較的高い保磁力を有する磁性層に電流を流し、誘導磁界を発生してもよい。

【0036】本実施例では、非磁性金属層62の材料としてZrを用いたが、他の非磁性金属を用いることもできる。また、低い保磁力を有する磁性層材料としてはNi-Fe系合金を用いたが、他の低い保磁力を有する磁

性材料を用いることもできる。また、高い保磁力を有する磁性層材料としてはCo-Pt系合金を用いたが、他の高い保磁力を有する磁性材料を用いることもできる。反強磁性層材料としてはMn-Ir系合金を用いたが、他の導電性の反強磁性層材料を用いてもよい。また、実施例1と同様、本実施例に示した磁気抵抗効果型ヘッドは記録能力がない。従って、記録と再生を行うためには、記録用の誘導型磁気ヘッドと組み合わせて使用する必要がある。

10 【0037】〈実施例4〉実施例1と同様の働きをする多層膜としては、3層の磁性層と2層の絶縁層を有する多層膜も適用できる。本実施例では、非磁性金属層の上に第1の磁性層、絶縁層、第2の磁性層、絶縁層、第3の磁性層の順に多層膜を積層し、比較的低い外部磁界では、第1の磁性層及び第3の磁性層の磁化の向きが外部磁界の検出方向と平行或いは反平行になるようにする。これには、第1の磁性層及び第3の磁性層に高保磁力材料を用いればよい。また、検出する外部磁界により上記第2の磁性層の磁化の向きが変化することが必要であり、これには、第2の磁性層に低保磁力材料を用いればよい。実施例1と同様に、非磁性金属層に電流を流すことにより発生した誘導磁界により、外部磁界がないときの第2の磁性層の磁化の向きを外部磁界の検出方向と直角に向ける。実施例1と同様に、第1の磁性層と第3の磁性層との間に電圧を印加する。このような多層膜として、例えば、Co-Pt(10nm)/Al-O(1.3nm)/Ni-Fe(10nm)/Al-O(1.3nm)/Co-Pt(10nm)/Zr(10nm)がある。

30 【0038】また、多層膜の構造を、Ni-Fe(10nm)/Al-O(1.3nm)/Co-Pt(10nm)/Al-O(1.3nm)/Ni-Fe(10nm)/Zr(10nm)とし、比較的低い外部磁界では第2の磁性層であるCo-Pt層の磁化の向きを外部磁界の検出方向と平行或いは反平行になるようにする。外部磁界により磁化回転をする磁性層は第1の磁性層及び第3の磁性層であるNi-Fe層である。従って、非磁性金属層であるZr層に電流を流し、発生した誘導磁界により、外部磁界がないときのNi-Fe層の磁化の向きを外部磁界の検出方向と直角に向ける。

40 【0039】また、Mn-Ir(10nm)/Ni-Fe(10nm)/Al-O(1.3nm)/Ni-Fe(10nm)/Al-O(1.3nm)/Ni-Fe(10nm)/Mn-Ir(10nm)/Cu(10nm)という構造の多層膜も、比較的低い外部磁界ではMn-Ir反強磁性層により、第1の磁性層及び第3の磁性層であるNi-Fe層の磁化は固定されており、検出する外部磁界により第2の磁性層であるNi-Fe層の磁化の向きが変化する。配向性制御層であるCu層とMn-Ir層に電流を流し、誘導磁界を発生し、外部磁界

のないときには、第2の磁性層であるNi-Fe層の磁化を外部磁界の検出方向と直角に向ける。

【0040】〈実施例5〉図10のように、基板111上に硬磁性層112、非磁性金属層113、軟磁性層114、絶縁層115、軟磁性層116、反強磁性層117の順に各層を形成した。非磁性金属層113は、硬磁性層112と軟磁性層114を磁気的に分離する。硬磁性層112には厚さ5nmのCo-17at%Pt合金を、非磁性金属層113には厚さ10nmのZrを、軟磁性層114及び116には厚さ5nmのNi-20at%Fe合金を、絶縁層115には厚さ1.3nmのAlの酸化物をそれぞれ用いた。また、反強磁性層117には厚さ10nmのMn-22at%Ir合金を用いた。硬磁性層112及び反強磁性層117の間には、電源118により電圧が印加される。すなわち、絶縁層115の両端の軟磁性層114及び116に電位差が生じている。この電位差のために、絶縁層115を電流がトンネルする。トンネル電流は信号検出部119により検出される。軟磁性層114及び116の磁化の向きが平行のときに最もトンネル電流が多く、軟磁性層114及び116の磁化の向きが反平行のときに最もトンネル電流が少ない。本実施例での印加電圧は0.05Vである。本実施例では、反強磁性層117と硬磁性層112に電源118が接続されているが、軟磁性層114及び116の間に電位差が生ずればよく、軟磁性層114及び116に直接、電源118を接続してもよい。また、硬磁性層112から磁界が発生し、軟磁性層114に磁界を印加することができる。

【0041】図11は、多層膜を上から見た模式図である。図11(a)のように、多層膜121中の軟磁性層116の磁化の向き122は図の向きに固定されている。これは、図10のように、軟磁性層116に反強磁性層117が接触しているためである。軟磁性層116の磁化の向き122は、外部磁界の検出方向124と平行か反平行にする。硬磁性層112を着磁せず、硬磁性層112が消磁状態にあるときには、硬磁性層112からは一方の磁界は発生しない。このとき、図10における軟磁性層114の磁化の向き123は、図11に示した方向に向いている。磁化の向き123は、図10における軟磁性層116からの漏れ磁界と軟磁性層114の有する磁気異方性により決まる。この磁化の向き123は外部磁界の検出方向124と直角ではない。

【0042】これに対し、硬磁性層112を着磁すると、硬磁性層112から一方の磁界が発生する。この磁界を軟磁性層116から漏れる磁界と相殺させるようにする。このとき、軟磁性層114の磁化の向き125は、図11(b)に示すように向く。磁化の向き125は、外部磁界の検出方向124とほぼ直角をなす。これは軟磁性層114に印加されている他の磁性層からの漏れ磁界が相殺されたためである。

【0043】さらに、図11(c)のように、磁気記録媒体128を近接させる。磁気記録媒体128からの漏れ磁界により、図10における軟磁性層114に磁界が印加される。磁気記録媒体からの漏れ磁界が上向きするとき、軟磁性層114の磁化の向き126は、図11

(c)に示す方向に向く。また、磁気記録媒体からの漏れ磁界が下向きするとき、軟磁性層114の磁化の向き127は、図11(c)に示す方向に向く。

【0044】このときの絶縁層115をトンネルするトンネル電流の変化を図12に模式的に示す。図では、磁気記録媒体からの漏れ磁界が上向きするとき、正の値の磁界が多層膜に印加されるとする。磁気記録媒体からの漏れ磁界が、図10における軟磁性層114に印加されていないとき、トンネル電流の値は図12の131である。軟磁性層114の磁化の向きが、外部磁界の検出方向124とほぼ直角をなす場合、図12の131は、トンネル電流の変化の範囲のほぼ中央に位置する。磁気記録媒体からの漏れ磁界が下向きするとき、軟磁性層114の磁化の向き127は、図11に示すようになるため、トンネル電流は低下し、図12における132の値になる。これは、軟磁性層114の磁化の向きと軟磁性層116の磁化の向きが反平行に近くなるためである。

【0045】磁気記録媒体からの漏れ磁界が上向きで、その高さが上記の下向きの場合と同じ場合、軟磁性層114の磁化の向き126は、図11に示すようになるため、トンネル電流は増加し、図12における133の値になる。これは、軟磁性層114の磁化の向きと軟磁性層116の磁化の向きが平行に近くなるためである。トンネル電流131からの変化量は、132と133でその絶対値はほぼ同じである。これは、磁気記録媒体からの漏れ磁界がないときの軟磁性層114の磁化の向きが、外部磁界の検出方向124とほぼ直角をなすためである。同じ高さの異なる向きの磁気記録媒体からの磁界が印加された場合、このようにトンネル電流131からの変化量の絶対値がほぼ同じときに再生波形がほぼ対称になる。言い替えば、磁気記録媒体からの漏れ磁界がないときの軟磁性層114の磁化の向きが、外部磁界の検出方向124と直角でなければ、再生波形の対称性が低下する。磁気記録再生装置では、再生波形の対称性は重要な問題で、再生波形の非対称性は5%以内であることが望ましい。このためには、磁気記録媒体からの漏れ磁界がないときの軟磁性層114の磁化の向きを、外部磁界の検出方向124とほぼ直角にする必要がある。

【0046】本実施例では、硬磁性層材料としてはCo-Pt系合金を用いたが、他の高い保磁力を有する磁性材料を用いることもできる。また、非磁性金属層113の材料としてZrを用いたが、他の非磁性金属を用いることもできる。また、軟磁性層材料としてはNi-Fe系合金を用いたが、他の軟磁性材料を用いることもできる。反強磁性層材料としてはMn-Ir系合金を用い

た。他の導電性の反強磁性層材料を用いてもよい。また、本実施例に示した磁気抵抗効果型ヘッドは記録能力がない。従って、記録と再生を行うためには、記録用の誘導型磁気ヘッドと組み合わせて使用する必要がある。

【0047】〈実施例6〉実施例1で述べた本発明の磁気抵抗効果型ヘッドを用いて磁気ディスク装置を作製した。この磁気ディスク装置の平面図を図7(a)に、そのAA'線断面図を図7(b)に示す。磁気記録媒体駆動部72により回転する磁気記録媒体71には、Co-Cr系合金からなる材料を用いた。磁気ヘッド駆動部74により保持された磁気ヘッド73のトラック幅は1 μ mとした。なお、図において75は記録再生信号処理系である。

【0048】本発明の磁気抵抗効果型ヘッドを用いた磁気記録再生装置では、高い出力の再生信号が観測された。また、再生波形の非対称性も2%程度であった。これは、磁気記録媒体からの漏れ磁界により磁化回転する磁性層の磁化が、磁気記録媒体からの磁界が印加されていないときに、磁界印加方向とほぼ直交するためである。磁性層の磁化を磁界印加方向とほぼ直交させるためには、非磁性金属層に流す電流量を制御すればよく、簡単な回路により磁性層の磁化を磁界印加方向とほぼ直交させることができる。各磁気記録再生装置における磁気抵抗効果素子の特性により、非磁性金属層に流す電流量を制御すれば、容易に再生波形の対称性の優れた磁気記録再生装置を得ることができる。本実施例では、実施例1で述べた多層膜を用いたが、実施例2から5で述べた多層膜を用いた磁気抵抗効果型ヘッドでも同様の結果が得られた。

【0049】〈実施例7〉実施例3で述べた本発明の磁気抵抗効果素子を用いて磁性メモリを作製した。すなわち、図6に示す多層膜を用いた。実施例3で述べたように、図6において、低い磁界では比較的高い保磁力を有する磁性層65の磁化の向きは回転しない。これに対し、比較的低い保磁力を有する磁性層63の磁化の向きが外部磁界により回転する。非磁性金属層62に電流を流さないときの磁化の向きを図8(a)に示す。図のように、多層膜81における比較的高い保磁力を有する磁性層の磁化の向き82は図のように固定されている。この磁化の向き82は、磁性メモリの情報を読み出すときに印加する外部磁界の方向83と平行又は反平行である。同図のように、比較的低い保磁力を有する磁性層の磁化の向き84は、比較的高い保磁力を有する磁性層の磁化の向き82と直角にはなっていない。これは、比較的高い保磁力を有する磁性層からの漏れ磁界が比較的低い保磁力を有する磁性層に印加されるためである。図8(a)に示す磁化の向きの関係においては、前述の磁気抵抗効果型ヘッドの場合と同様に、磁性メモリの情報を読み出すときに外部磁界を印加しても、読み出した波形の対称性は悪い。

【0050】これに対し、図8(b)のように、電流67により非磁性金属層62に電流を流すことにより誘導磁界を発生させ、多層膜81に磁界を印加すると、比較的低い保磁力を有する磁性層の磁化の向き85は図に示す方向を向く。これは比較的高い保磁力を有する磁性層の磁化の向き82と直角をなす。図8(b)に示す磁化の向きの関係においては、前述の磁気抵抗効果型ヘッドの場合と同様に、磁性メモリの情報を読み出すときに外部磁界を印加する場合、読み出した波形の対称性はよい。

【0051】そして、図8(c)のように、1対の磁界発生機構86により多層膜に磁界を印加する。磁界を印加することにより、比較的低い保磁力を有する磁性層の磁化の向き87が図の向きになったときに、絶縁層をトンネルする電流が増加し、比較的低い保磁力を有する磁性層の磁化の向き88が図の向きになったときに、絶縁層をトンネルする電流が減少すれば、比較的高い保磁力を有する磁性層の磁化の向き82は、図に示す向きであることが分かる。これに対し、磁界を印加することにより、比較的低い保磁力を有する磁性層の磁化の向き87が図の向きになったときに、絶縁層をトンネルする電流が減少し、比較的低い保磁力を有する磁性層の磁化の向き88が図の向きになったときに、絶縁層をトンネルする電流が増加すれば、比較的高い保磁力を有する磁性層の磁化の向き82は、図に示す向きと反対の向きであることが分かる。

【0052】このように、1対の磁界発生機構86により多層膜に磁界を印加したときに、絶縁層をトンネルする電流を測定すれば、比較的高い保磁力を有する磁性層の磁化の向きが分かる。従って、比較的高い保磁力を有する磁性層の磁化の向きを記録媒体とすれば、磁性メモリとして利用できる。

【0053】記録は、図9のように、多層膜81の下にある非磁性金属層62と多層膜81の上にある非磁性金属層91に電流を流すことにより磁界を発生させ、比較的高い保磁力を有する磁性層の磁化の向きを変えることにより行った。すなわち、再生時において、比較的低い保磁力を有する磁性層の磁化の向きを制御するために電流を流す非磁性金属層62を記録時にも利用する。同様に、再生時において、絶縁層をトンネルする電流を測定するための導体として利用する非磁性金属層91を記録時にも利用する。記録電流は、電流印加・測定系94、95、96、97により制御する。磁性層の保磁力が高く、記録電流が不足する場合には、多層膜を加熱し、磁性層の保磁力を低下させることが有効である。加熱には、レーザ光を光学系で絞り、多層膜に照射する方法が好ましい。

【0054】再生は、電流印加・測定系94及び96間を結ぶ非磁性金属層62のうちどれか、電流印加・測定系95及び97間を結ぶ非磁性金属層91のうちどれか

を選択し、それらの交点の多層膜における絶縁層をトンネルする電流を測定する。上述のように測定時には1対の磁界発生機構86により多層膜に磁界を印加する。

【0055】なお、本実施例は、実施例3に述べた磁気抵抗効果素子を用いたが、実施例1、2又は4に述べた磁気抵抗効果素子を用いても同様に磁性メモリ装置を構成することができる。

【0056】

【発明の効果】上述のように、2層又は3層の磁性層が絶縁層で分離されている多層膜を用い、外部磁界により磁化の回転する磁性層に対して誘導磁界を印加し、この磁性層に印加する誘導磁界を磁化の固定された磁性層からの漏れ磁界と相殺するようにして、磁性層の磁化を磁界印加方向とほぼ直交するようにする。これにより、再生波形の対称性の優れた磁気抵抗効果素子が得られた。また、この磁気抵抗効果素子により、再生波形の対称性の優れた磁気ヘッド、磁気記録再生装置、磁性メモリ等を得ることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の磁気抵抗効果素子の断面構造図。

【図2】本発明の実施例1の磁気抵抗効果素子の動作原理を説明する模式図。

【図3】本発明の磁気抵抗効果素子における外部磁界とトンネル電流の関係を示す図。

【図4】本発明及び従来の磁気抵抗効果素子における印加磁界と再生波形を示す図。

【図5】本発明の実施例2の磁気抵抗効果素子の断面構造図。

【図6】本発明の実施例3の磁気抵抗効果素子の断面構造図。

【図7】本発明の一実施例の磁気ディスク装置の平面図及び断面図。

【図8】本発明の一実施例の磁性メモリの動作原理を説明する模式図。

【図9】本発明の一実施例の磁性メモリの概略構造を示す*

* 図10

【図10】本発明の実施例5の磁気抵抗効果素子の断面構造図。

【図11】本発明の実施例5の磁気抵抗効果素子の動作原理を説明する模式図。

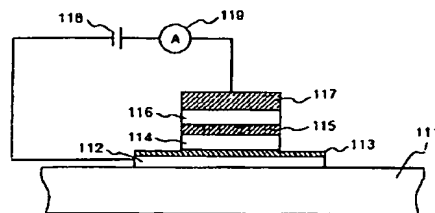
【図12】本発明の磁気抵抗効果素子における外部磁界とトンネル電流の関係を示す図。

【符号の説明】

11、51、61、111…基板
12、62、91、113…非磁性金属層
13、15、54、56、63、65…磁性層
14、55、64、115…絶縁層
16、53、117…反強磁性層
52…配向性制御層
17、18、57、58、67、68、118…電源
19、59、69、119…信号検出部
21、81、121…多層膜
22、82、122…（磁化の固定された磁性層の）磁化の向き
23、84、123…（磁化回転する磁性層の誘導磁界のないときの）磁化の向き
24、124…外部磁界の検出方向
25、85、125…（磁化回転する磁性層の誘導磁界のあるときの）磁化の向き
26、27、87、88、126、127…（磁化回転する磁性層の外部磁界のあるときの）磁化の向き
28、71、128…磁気記録媒体
72…磁気記録媒体駆動部
73…磁気ヘッド
74…磁気ヘッド駆動部
75…記録再生信号処理系
83…外部磁界の方向
86…磁界発生機構
94、95、96、97…電流印加・測定系
112…硬磁性層
114、116…軟磁性層
114、116…軟磁性層
115…絶縁層
117…反強磁性層
118…電源
119…信号検出部

【図10】

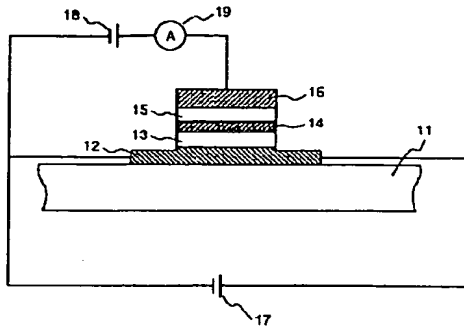
図 10



112…硬磁性層 113…非磁性金属層 114、116…軟磁性層
115…絶縁層 117…反強磁性層 118…電源 119…信号検出部

【図1】

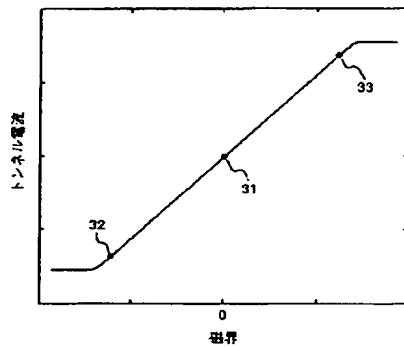
図 1



12…非磁性金属層 13、15…磁性層 14…絶縁層
16…反強磁性層 17、18…電源 19…信号検出部

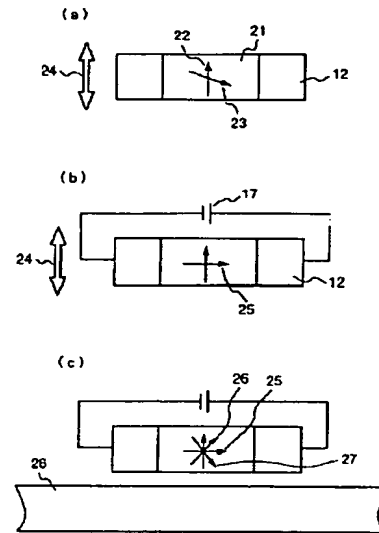
【図3】

図 3



【図2】

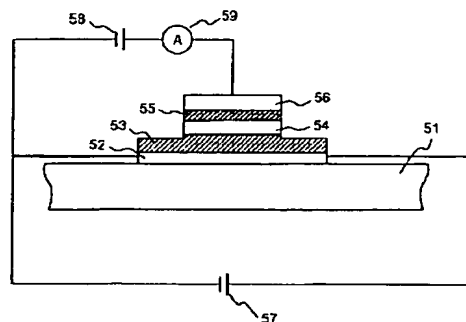
図 2



12…非磁性金属層 21…多層膜
22…(磁化の固定された磁性層の) 磁化の向き
23、25、26、27…磁化の向き
24…外部磁界の検出方向 28…磁気記録媒体

【図5】

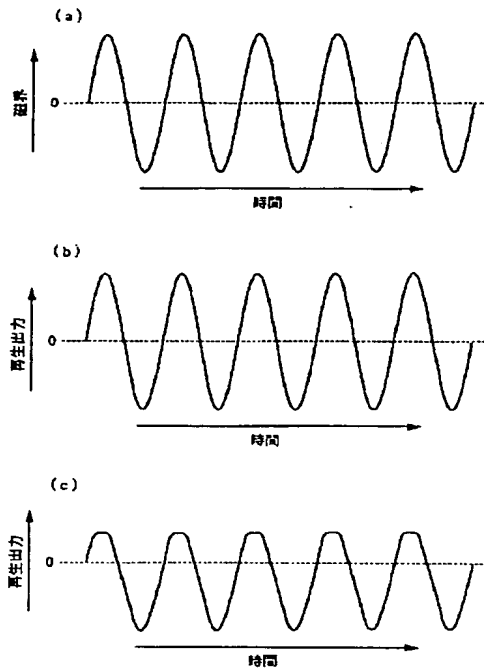
図 5



52…配向性制御層 53…反強磁性層 54、56…磁性層
55…絶縁層 57、58…電源 59…信号検出部

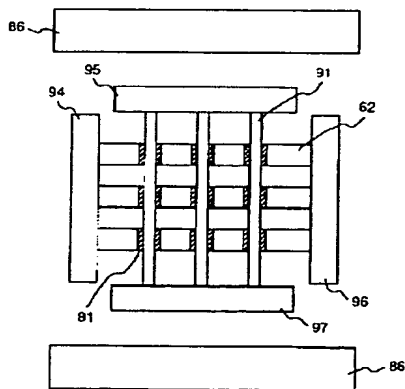
【図4】

図 4



【図9】

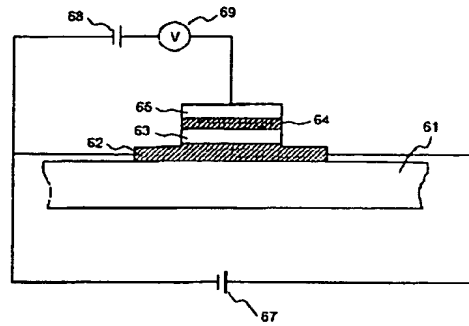
図 9



62、91…非磁性金属層 81…多層膜 86…磁界発生機構
94、95、96、97…電流印加・測定系

【図6】

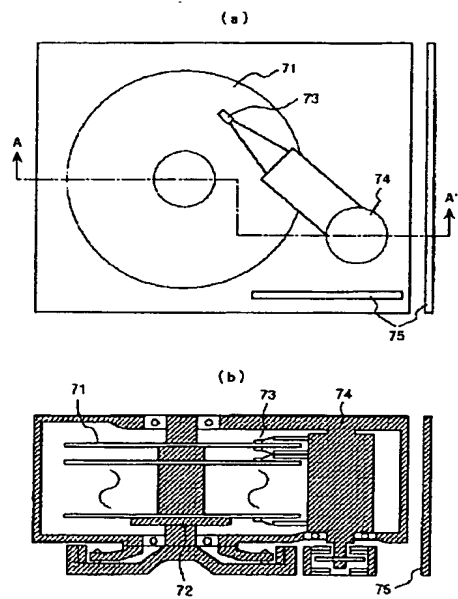
図 6



62…非磁性金属層 63、65…磁性層 64…絶縁層
67、68…電源 69…信号検出部

【図7】

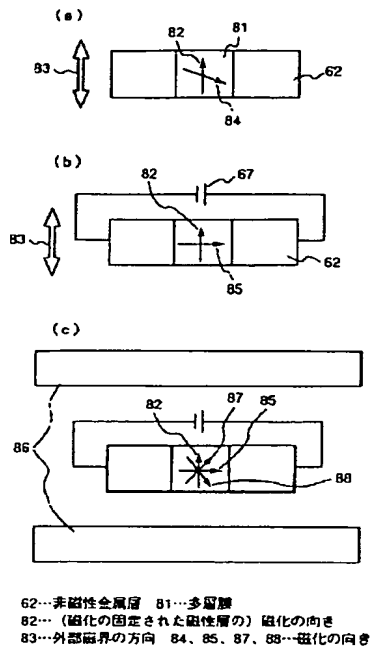
図 7



71…磁気記録媒体 72…磁気記録媒体駆動部 73…磁気ヘッド
74…磁気ヘッド駆動部 75…記録再生信号処理系

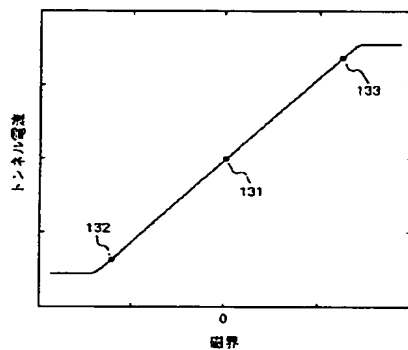
【図8】

図 8



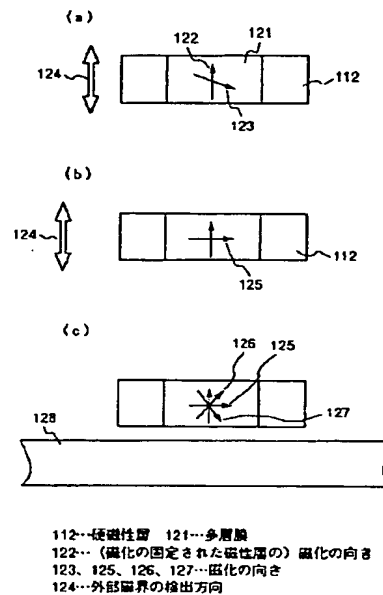
【図12】

図 12



【図11】

図 11



【手続補正書】

【提出日】平成11年11月29日（1999.11.29）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】 磁気ヘッド、それを用いた磁気記録再生装置及び磁性メモリ装置

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の磁性層、絶縁層及び第2の磁性層が積層された多層膜が基板上に配置され、上記第1の磁性層と上記第2の磁性層との間に電圧を印加する手段を有し、上記第1の磁性層の磁化の向きは、外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行であり、上記第2の磁性層の磁化の向きは、上記外部磁界のないときに、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角であり、かつ、上記外部磁界により変化し、上記外部磁界により上記第2の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる上記絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を有し、上記多層膜の上記第1の磁性層の側に積層された反強磁性層を有し、該反強磁性層と上記第1の磁性層は磁気的に交換結合して、上記第1の磁性層の磁化の向きを上記外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行とし、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角に電流を流す制御手段を有し、上記制御手段を、上記第2の磁性層に外部磁界の検出方向とほぼ直角な方向に電流を流す手段とした磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項2】第1の磁性層、絶縁層及び第2の磁性層が積層された多層膜が基板上に配置され、上記第1の磁性層と上記第2の磁性層との間に電圧を印加する手段を有し、上記第1の磁性層の磁化の向きは、外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行であり、上記第2の磁性層の磁化の向きは、上記外部磁界のないときに、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角であり、かつ、上記外部磁界により変化し、上記外部磁界により上記第2の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる上記絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を有し、上記多層膜の上記第1の磁性層の側に積層された反強磁性層を有し、該反強磁性層と上記第1の磁性層は磁気的に交換結合して、上記第1の磁性層の磁化の向きを上記外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行とし、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角に電流を流す制御手段を有し、上記制御手段を、上記多層膜に積層された非磁性金属層と該非磁性金属層の外部磁界の検出方向とほぼ直角な方向に電流を流す手段とした磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項3】上記第1の磁性層の保磁力は、上記第2の磁性層の保磁力より高く、かつ、上記多層膜は、上記第1の磁性層が基板側に配置され、上記制御手段は、上記第1の磁性層の外部磁界の検出方向とほぼ直角な方向に電流を流す手段であることを特徴とする請求項1又は2記載の磁気ヘッド。

【請求項4】第1の磁性層、絶縁層及び第2の磁性層が積層された多層膜が基板上に配置され、上記第1の磁性層と上記第2の磁性層との間に電圧を印加する手段を有

し、上記第1の磁性層の磁化の向きは、外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行であり、上記第2の磁性層の磁化の向きは、上記外部磁界のないときに、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角であり、かつ、上記外部磁界により変化し、上記第1の磁性層の保磁力は、上記第2の磁性層の保磁力より高く、かつ、上記外部磁界により上記第2の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる上記絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段及び上記第2の磁性層に外部磁界の検出方向とほぼ直角な方向に電流を流す制御手段を有する磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項5】第1の磁性層、絶縁層及び第2の磁性層が積層された多層膜が基板上に配置され、上記第1の磁性層と上記第2の磁性層との間に電圧を印加する手段を有し、上記第1の磁性層の磁化の向きは、外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行であり、上記第2の磁性層の磁化の向きは、上記外部磁界のないときに、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角であり、かつ、上記外部磁界により変化し、上記第1の磁性層の保磁力は、上記第2の磁性層の保磁力より高く、かつ、上記外部磁界により上記第2の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる上記絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段及び上記多層膜に積層された非磁性金属層と該非磁性金属層に外部磁界の検出方向とほぼ直角な方向に電流を流す制御手段を有する磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項6】上記多層膜は、上記第1の磁性層が基板側に配置され、上記制御手段は、上記第1の磁性層の外部磁界の検出方向とほぼ直角な方向に電流を流す手段であることを特徴とする請求項4又は5記載の磁気ヘッド。

【請求項7】基板上に、第1の磁性層、第1の絶縁層、第2の磁性層、第2の絶縁層、第3の磁性層の順に積層された多層膜を有し、上記第1の磁性層と上記第3の磁性層との間に電圧を印加する手段を有し、上記第1及び第3の磁性層の組と、上記第2の磁性層との内の一方の磁性層の磁化の向きは、外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行であり、上記一方の磁性層の保磁力は、上記他方の磁性層の保磁力より高く、かつ、上記外部磁界のないときに、上記第1及び第3の磁性層の組と、上記第2の磁性層との内の他方の磁性層の磁化の向きを、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角にする制御手段及び上記外部磁界により上記他方の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる上記絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を有し、上記制御手段は、上記多層膜に積層された非磁性金属層と該非磁性金属層に外部磁界の検出方向とほぼ直角な方向に電流を流す手段である磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項8】基板上に、第1の磁性層、第1の絶縁層、第2の磁性層、第2の絶縁層、第3の磁性層の順に積層

された多層膜を有し、上記第1の磁性層と上記第3の磁性層との間に電圧を印加する手段を有し、上記第1及び第3の磁性層の組と、上記第2の磁性層との内の一方の磁性層の磁化の向きは、外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行であり、上記外部磁界のないときに、上記第1及び第3の磁性層の組と、上記第2の磁性層との内の他方の磁性層の磁化の向きを、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角にする制御手段を有し、上記外部磁界により上記他方の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる上記絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を有し、上記多層膜の両側に反強磁性層を有し、上記第1及び第3の磁性層の組が上記一方の磁性層を構成し、上記制御手段は、上記反強磁性層の内の一方の上記多層膜の配置された側と逆の側に積層された配向性制御層と、上記反強磁性層及び上記配向性制御層の内の少なくとも一つの層に外部磁界の検出方向とはほぼ直角な方向に電流を流す手段である磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項9】基板上に、基板に近い側から、硬磁性層、非磁性金属層、第1の軟磁性層、絶縁層、第2の軟磁性層、反強磁性層の順に積層された多層膜を有し、上記第1の軟磁性層と上記第2の軟磁性層との間に電圧を印加する手段を有し、上記反強磁性層と上記第2の軟磁性層は磁気的に交換結合しており、上記第2の軟磁性層の磁化の向きは、上記交換結合により外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行であり、上記外部磁界のないときに、上記第1の軟磁性層の磁化の向きは、上記硬磁性層により上記外部磁界の検出方向と実質的に直角をなし、かつ、上記外部磁界により上記第1の軟磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる上記絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段及び上記外部磁界の検出方向と実質的に直角な方向に電流を流す制御手段を有する磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項10】請求項1から9のいずれかに記載の磁気ヘッドを読み出し用のヘッドとし、誘導型ヘッドを書き込み用のヘッドとすることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項11】磁気記録媒体と、該磁気記録媒体の記録面に対応して設けられた磁気ヘッドと、上記磁気記録媒体の駆動部と、上記磁気ヘッドの駆動部と、記録、再生信号処理系とを有する磁気記録再生装置において、上記磁気ヘッドは、請求項1から10のいずれかに記載の磁気ヘッドであることを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項12】請求項1から6のいずれかに記載の磁気ヘッドと、上記第1の磁性層の磁化の向きを所望の方向に向ける磁界発生機構とを有することを特徴とする磁性メモリ装置。

【請求項13】請求項7又は8記載の磁気ヘッドと、上記一方の磁性層の磁化の向きを所望の方向に向ける磁界発生機構とを有することを特徴とする磁性メモリ装置。

【請求項14】上記磁性メモリ装置は、上記磁気抵抗効果素子を加熱する手段を有することを特徴とする請求項12又は13記載の磁性メモリ装置。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正内容】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ヘッドや磁界センサ等に用いられる磁気抵抗効果素子を用いた磁気ヘッド、磁気記録再生装置及び磁性メモリ装置に関する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】本発明の第1の目的は、再生波形の対称性に優れた磁気抵抗効果素子を用いた磁気ヘッドを提供することにある。本発明の第2の目的は、そのような磁気ヘッドを用いた磁気記録再生装置を提供することにある。本発明の第3の目的は、再生波形の対称性に優れた磁性メモリ装置を提供することにある。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、本発明の磁気ヘッドは、第1の磁性層、絶縁層及び第2の磁性層が積層された多層膜を基板上に配置し、第1の磁性層と第2の磁性層との間に電圧を印加する手段を有し、第1の磁性層の磁化の向きを外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行とし、第2の磁性層の磁化の向きは、上記外部磁界のないときに、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角であり、かつ、上記外部磁界により変化し、上記外部磁界により第2の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を有し、多層膜第1の磁性層の側に積層された反強磁性層を有し、反強磁性層と第1の磁性層は磁気的に交換結合して、第1の磁性層の磁化の向きを上記外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行とし、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角に電流を流す制御手段を有し、この制御手段を、第2の磁性層に外部磁界の検出方向とはほぼ直角な方向に電流を流す手段とした磁気抵抗効果素子を有するようにしたものである。また、上記第1の目的を達成するために、本発明の磁気ヘッドは、第1の磁性層、絶縁層及び第2の磁性層が積層された多層膜を基板上に配置し、第

第1の磁性層と第2の磁性層との間に電圧を印加する手段を有し、第1の磁性層の磁化の向きは、外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行であり、第2の磁性層の磁化の向きは、上記外部磁界のないときに、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角であり、かつ、上記外部磁界により変化し、上記外部磁界により第2の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を有し、多層膜の第1の磁性層の側に積層された反強磁性層を有し、反強磁性層と第1の磁性層は磁氣的に交換結合して、第1の磁性層の磁化の向きを上記外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行とし、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角に電流を流す制御手段を有し、この制御手段を、多層膜に積層された非磁性金属層とこの非磁性金属層の外部磁界の検出方向とほぼ直角な方向に電流を流す手段とした磁気抵抗効果素子を有するようにしたものである。これらの磁気ヘッドで多層膜は、基板側に第1の磁性層があっても、第2の磁性層があってもよい。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】この磁気抵抗効果素子で第2の磁性層の磁化の向きを外部磁界の検出方向と完全に直角にすれば、再生波形が対称になるが、直角からずれば対称性が低下する。ここで、実質的に直角にするとは、再生波形の非対称性が5%以内になるような範囲であれば、直角からずれてもよいことを意味する。このずれは再生波形の形状にもよるが、例えば、±5度程度である。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】また、第1の磁性層の磁化の向きを外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行にすると、第2の磁性層の磁化の向きと同様の範囲のずれを許容して平行又は反平行であることを意味する。これらのことは、以下の記載においても同じである。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】この磁気抵抗効果素子は、上記の多層膜の第1の磁性層の側に反強磁性層を積層し、反強磁性層と第1の磁性層を磁氣的に交換結合させて、第1の磁性層の磁化の向きを上記外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行にすることができる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】また、反強磁性層を設けることなく、第1の磁性層の保磁力を他方の磁性層の保磁力より高くし、制御手段として、多層膜に非磁性金属層を積層し、この非磁性金属層に膜面内方向に電流を流す手段を設けてもよい。また、同様に、第1の磁性層の保磁力を第2の磁性層の保磁力より高くして、かつ、基板側に配置し、一方の磁性層の膜面内方向に電流を流す手段を設けてもよい。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】また、上記第1の目的を達成するために、本発明の磁気ヘッドは、基板上に、第1の磁性層、第1の絶縁層、第2の磁性層、第2の絶縁層、第3の磁性層の順に多層膜を積層し、第1の磁性層と第3の磁性層との間に電圧を印加する手段を設け、第1及び第3の磁性層の組と、第2の磁性層との内の一方の磁性層の磁化の向きを外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行とし、一方の磁性層の保磁力を他方の磁性層の保磁力より高くし、かつ、上記外部磁界のないときに、第1及び第3の磁性層の組と、第2の磁性層との内の他方の磁性層の磁化の向きを、外部磁界の検出方向と実質的に直角にする制御手段を設け、上記外部磁界により他方の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる上記絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を設け、制御手段を多層膜に積層された非磁性金属層に外部磁界の検出方向とほぼ直角な方向に電流を流す手段とした磁気抵抗効果素子から構成されるようにしたものである。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】削除

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】また、上記第1の目的を達成するために、本発明の磁気ヘッドは、基板上に、第1の磁性層、第1の絶縁層、第2の磁性層、第2の絶縁層、第3の磁性層の順に多層膜を積層し、第1の磁性層と第3の磁性層との間に電圧を印加する手段を設け、第1及び第3の磁性層の組と、第2の磁性層との内の一方の磁性層の磁化の

向きを外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行とし、上記外部磁界のないときに、第1及び第3の磁性層の組と、第2の磁性層との内の他方の磁性層の磁化の向きを、外部磁界の検出方向と実質的に直角にする制御手段を設け、上記外部磁界により上記他方の磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を設け、多層膜の両側に反強磁性層を設け、第1及び第3の磁性層の組が一方の磁性層を構成し、制御手段は、反強磁性層の内の一方の多層膜の配置された側と逆の側に積層された配向性制御層と、反強磁性層及び配向性制御層の内の少なくとも一つの層に外部磁界の検出方向とほぼ直角な方向に電流を流す手段とした磁気抵抗効果素子から構成されるようにしたものである。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】また、上記第1の目的を達成するために、本発明の磁気抵抗効果素子は、基板上に、基板に近い側から、硬磁性層、非磁性金属層、第1の軟磁性層、絶縁層、第2の軟磁性層、反強磁性層の順に多層膜を積層し、第1の軟磁性層と第2の軟磁性層との間に電圧を印加する手段を設け、反強磁性層と第2の軟磁性層が磁氣的に交換結合して、第2の軟磁性層の磁化の向きを交換結合により外部磁界の検出方向と実質的に平行又は反平行になるようにし、上記外部磁界のないときに、第1の軟磁性層の磁化の向きを硬磁性層により上記外部磁界の検出方向と実質的に直角となるようにし、上記外部磁界により第1の軟磁性層の磁化の向きが変化したときに、それによる絶縁層をトンネルする電流の変化を検出する手段を設け、さらに、上記外部磁界の検出方向と実質的に直角な方向に電流を流す制御手段を設けた磁気抵抗効果素子から構成されるようにしたものである。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】また、上記第1の目的を達成するために、本発明の磁気ヘッドは、上記のいずれかに記載の磁気ヘッドを読み出し用のヘッドとし、誘導型ヘッドを書き込み用のヘッドとするようにしたものである。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】また、上記第2の目的を達成するために、本発明の磁気記録再生装置は、磁気記録媒体と、磁気記録媒体の記録面に対応して設けられた磁気ヘッドと、磁気記録媒体の駆動部と、磁気ヘッドの駆動部と、記録、再生信号処理系とを有し、この磁気ヘッドとして、上記のいずれかに記載の磁気ヘッドを用いるようにしたものである。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】また、上記第3の目的を達成するために、本発明の磁性メモリ装置は、上記のいずれかに記載の磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子の内、後述する実施例1、2、3又は4に記載の磁気抵抗効果素子と、その第1の磁性層又は一方の磁性層の磁化の向きを所望の方向に向ける磁界発生機構とを設けるようにしたものである。この磁性メモリ装置は、磁気抵抗効果素子を加熱する手段を設けてもよい。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.